

PROPRIETES OPTIQUES ET PHYSIQUES DES COUCHES DE NANOFILS DE SILICIUM POREUX POUR DES APPLICATIONS PHOTOVOLTAÏQUES

J. Charrier¹, A. Najar², P. Pirasteh¹

¹Université européenne de Bretagne, FOTON, CNRS, UMR 6082, BP80518, F-22305 Lannion Cedex, France

²King Abdullah University of Science and Technology (KAUST), Kingdom of Saudi Arabia

joel.charrier@univ-rennes1.fr

RÉSUMÉ

Des nanofils verticaux en silicium poreux présentant une forte densité ont été élaborés sur substrat de silicium en utilisant un procédé électrochimique de gravure. Ces couches ont été observées par MEB et MET ce qui a permis d'en déduire que les nanofils de silicium poreux ont une forme conique. La réflectance de ces couches a été mesurée et est inférieure à 0.1% pour des épaisseurs supérieures à 10 μm . La réflectance de ces couches a été modélisée en utilisant le formalisme des matrices de transfert associé au modèle de Bruggeman et en considérant la forme conique observée de ces nanofils. Les résultats théoriques sont discutés et confirment ceux expérimentaux. La remarquable diminution de la réflectivité des ces couches montrent que les couches de nanofils en silicium poreux ont une forte potentialité comme couche antireflet pouvant être utilisée dans le domaine des cellules solaires.

MOTS-CLEFS : *nanofils de silicium ; caractérisations physiques ; spectre de réflectance ; couche antireflet ; modélisation.*

1. INTRODUCTION

Les matériaux nanostructurés tel que le silicium poreux présentent des potentialités dans le domaine de la photovoltaïque, du fait de sa facile modulation d'indice de réfraction et de sa faible valeur, pouvant être ainsi utilisés comme couche antireflet pour les cellules solaires. Récemment, des nanofils de silicium, alignés verticalement, présentant une faible réflectivité et une large bande d'absorption ont été étudiés.

Dans ce travail, nous présentons l'élaboration de nanofils verticaux en silicium poreux, leurs caractérisations physiques (observations TEM, SEM, EDX et PL) et l'évolution de leur réponse spectrale en fonction de l'épaisseur de ces couches. Les caractérisations physiques de ces nanofils (taille, forme, densité) et leur réflectance ainsi que la modélisation de cette réflectance en considérant la forme de ces nanofils sont également décrites. L'absorbance de ces couches en est également déduite [1, 2].

2. ETUDES EXPERIMENTALES ET THEORIQUES

Les couches de nanofils de silicium poreux ont été élaborées par attaque électrochimique assistée par un apport d'Ag d'un substrat de silicium monocristallin de type N ($\rho = 0,01\text{-}0,02 \Omega\text{cm}$) d'orientation cristalline (100) par gravure dans une solution de HF pour différentes durées d'attaque permettant d'obtenir des couches de nanofils de différentes épaisseurs.

Les couches obtenues ont d'abord été étudiées par MEB et MET. Les figures 1 montrent des vues de la tranche et de la surface de ces échantillons révélant une densité importante de nanofils verticaux. Les images de MET montrent que les nanofils ont une forme conique et elles révèlent la porosité de ces nanofils (la taille des pores varie de l'ordre de 10 à 50 nm) et un diamètre du nanofil environ égal à 150 nm. La composition des nanofils par EDX a également révélé la présence de différentes liaisons SiO_x . Par ailleurs, la photoluminescence des nanofils de silicium a été étudiée en fonction du traitement chimique associé.

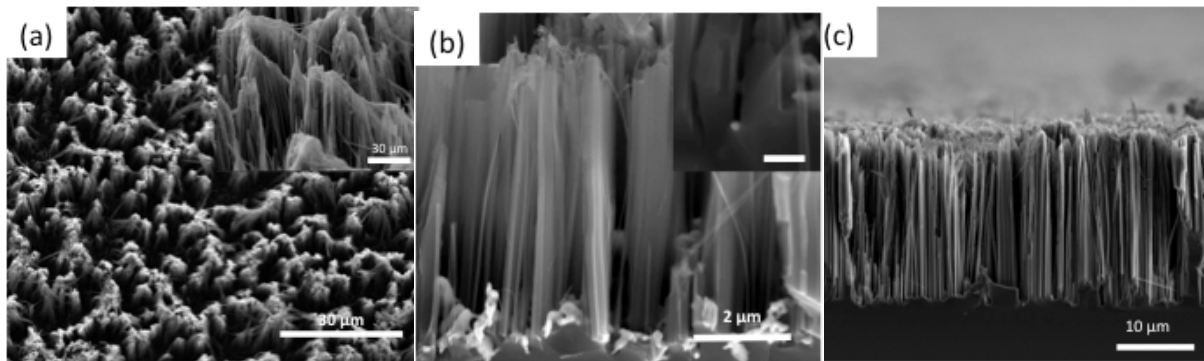


Fig 1 : (a) Vue de surface obtenue par MEB d'une couche de nanofils de silicium poreux, (b) et (c) Vue de la tranche obtenue par MEB d'une couche de nanofils de silicium poreux.

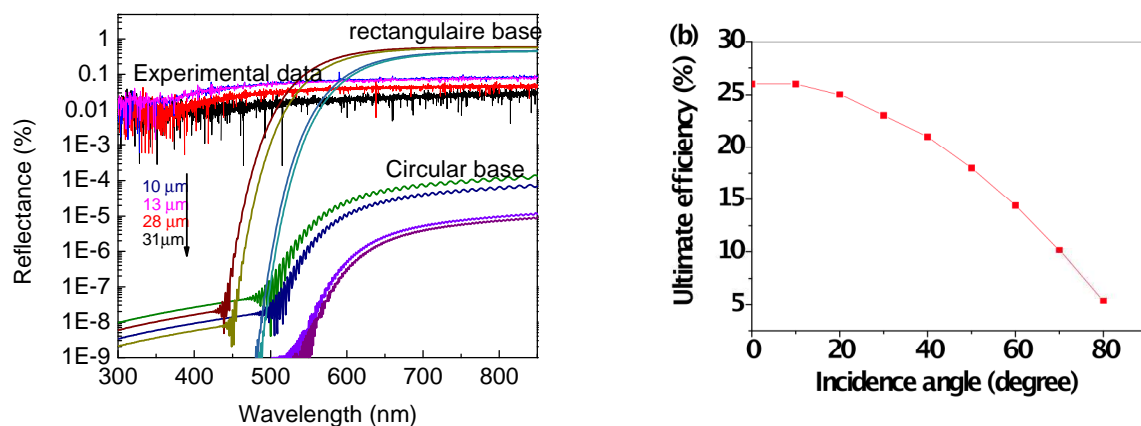


Fig 2 : (a) Spectres théoriques de la réflectance en utilisant une forme conique des nanofils et en utilisant une base rectangulaire ou circulaire pour différentes longueurs de nanofils de silicium poreux ($10\ \mu\text{m}$, $13\ \mu\text{m}$, $28\ \mu\text{m}$ et $31\ \mu\text{m}$) et expérimentale, (b) Rendement par rapport au spectre solaire des couches de nanofils de silicium poreux en fonction de l'angle d'incidence.

La réflectance de ces couches a été mesurée et modélisée en considérant la forme conique de ces nanofils (Figure 2a). Elle est inférieure à 0.1% pour des épaisseurs supérieures à $10\ \mu\text{m}$. L'absorbance de ces couches en est également déduite et révèle un plateau d'absorbance proche de 100% sur une large gamme de longueur d'onde. De cette étude, le rendement a été également étudié en fonction de l'angle d'incidence (Figure 2b). Par ailleurs, la modélisation révèle qu'une oxydation partielle de ces couches augmente le niveau de réflectance. Ainsi, la très faible réflectivité de ces couches montre que les couches de nanofils en silicium poreux ont une forte potentialité comme couche antireflet dans le domaine des cellules solaires.

CONCLUSION

Dans ce travail, nous avons démontré la réalisation de nanofils en silicium verticaux présentant une forte densité et une réflectance inférieure à 0.1% pour des couches d'épaisseur supérieure à $10\ \mu\text{m}$. Les caractérisations physiques et optiques ont été étudiées ce qui a permis de modéliser la réflectance de ces couches en considérant la forme des nanofils comme un cône. Les résultats théoriques confirment ceux expérimentaux. L'ensemble de ces résultats sera présenté.

RÉFÉRENCES

- [1] A. Najar, J. Charrier, P. Pirasteh and R. Sougrat, "Ultra-Low Reflection Porous Silicon Nanowires for Solar Cell Applications", *Optics Express*, Vol. 20 Issue 15, pp. 16861-16870 (2012).
- [2] J. Charrier, A. Najar, and P. Pirasteh, "Study of optical absorbance in porous silicon nanowires for solar cell applications", soumis à *Applied Surface Science*.